

Секція: МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО, МІЦНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ

Керівники: проф. П. Ясній, проф. П. Стухляк, проф. М. Підгурський, проф. Марущак

Секретар: доц. І. Окіпний

УДК 539.422.24; 620.186.4

П. Ясній, Ю. Пиндус, А. Сорочак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МІКРОМЕХАНІЗМИ РОСТУ ВТОМНИХ ТРІЩИН У МАТЕРІАЛІ ОСЕЙ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ

Для оцінки залишкового ресурсу відповідальних елементів конструкцій, що працюють в умовах втоми, таких як осі колісних пар залізничного транспорту, та прогнозування їх довговічності важливо оцінити вплив експлуатаційних чинників, зокрема параметрів навантаження, на мікромеханізми росту втомних тріщин у матеріалі.

Фрактографічні дослідження поверхні руйнування плоских зразків на ділянках з різним КІН проводили за допомогою растрового електронного мікроскопу РЕМ-106І в режимі вторинних електронів. Для кількісного аналізу отриманих зображень використовували спеціалізоване програмне забезпечення KARPA ImageBase.

Мікроструктурні дослідження сталі ОСЛ показали, що для неї при втомі характерне внутрішньозернове руйнування з утворенням різнорівневих терасок та втомних борозенок в поєднанні з гребенями відриву (рис. 1). Орієнтація та рівні фасеток змінюються при переході від зерна до зерна. При значній швидкості поширення тріщини з'являються вторинні мікротріщини, що поширюються перпендикулярно до площини основної тріщини.

Крок втомних борозенок та мікрошвидкість росту тріщини змінюються зі збільшенням дожини тріщини та КІН. При коефіцієнті асиметрії циклу $R = 0$ середнє значення кроку втомних борозенок при $\Delta K = 10 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ складає $\delta = 0,37 \text{ мкм}$. При цьому мікрошвидкість росту тріщини перевищує макрошвидкість на два порядки. При $\Delta K = 14,3 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ крок втомних борозенок зростає до $\delta = 1,13 \text{ мкм}$, а при подальшому збільшенні КІН до $\Delta K = 36,7 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ – зменшується до $\delta = 0,84 \text{ мкм}$. При $\Delta K > 30,2 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ макрошвидкість росту тріщини стає більшою за мікрошвидкість.

При коефіцієнті асиметрії циклу $R = -1$ середнє значення кроку втомних борозенок при $\Delta K = 8,7 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ складає $\delta = 0,8 \text{ мкм}$. При $\Delta K = 15 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ крок втомних борозенок зростає до $\delta = 1,67 \text{ мкм}$, а при подальшому збільшенні КІН до $\Delta K = 31,6 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ – зменшується до $\delta = 0,72 \text{ мкм}$. Макрошвидкість росту тріщини стає більшою за мікрошвидкість при $\Delta K > 26,7 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$. При цьому в зламі з'являються ямки відриву розміром від 0,6 до 4 мкм, що свідчить про частково в'язкий механізм поширення тріщини. Вони формуються за рахунок об'єднання мікропор, що зароджуються на жорстких карбідних чи сульфідних включеннях глобулярної форми.

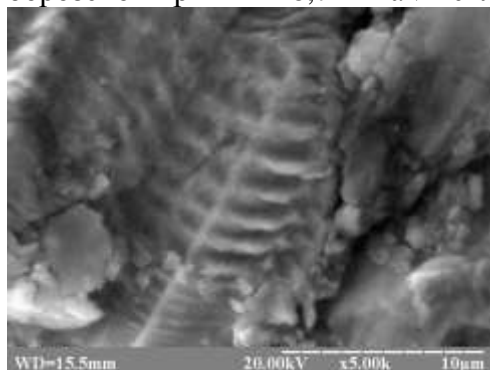


Рис. 1. Втомні борозенки на поверхні руйнування сталі ОСЛ.

Мікрошвидкість росту втомних тріщин, визначена за кроком втомних борозенок, при $R = -1$ є більшою, ніж при $R = 0$. Значення мікрошвидкості зі збільшенням КІН в обох випадках змінюються подібним чином – спочатку зростають, а після $\Delta K = 15 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ зменшуються. На ділянці ДВР до $\Delta K = 26,7 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ мікрошвидкість росту тріщин є значно більшою за макрошвидкість, після цього значення макрошвидкості стає більшою за мікрошвидкість, в зламі з'являються ямки відриву, характерні для в'язкого руйнування.